



Cinpar
2010

VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE
PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS
2, 3 y 4 Junio 2010 · Córdoba, Argentina

REHABILITACIÓN Y REFUERZOS DE ESTRUCTURAS

Técnicas de Intervención para la recuperación de los sistemas constructivos en los edificios de viviendas en el Centro Histórico de Barcelona.

Claudia Torres Gilles, César Díaz Gómez

DITEC, Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Barcelona, España.

Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Barcelona, España.

contraplano@yahoo.com, cesar.diaz@upc.edu

Palabras-clave: Rehabilitación, patología de la construcción, refuerzos estructurales.

Resumen.

En la rehabilitación de edificios de viviendas del Centro Histórico de Barcelona se tiende generalmente a la reutilización del sistema constructivo existente. Las operaciones más frecuentes son, por tanto, las dirigidas a la consolidación, reparación y refuerzo de la estructura original. Las actuaciones estructurales usuales, consisten en el recalce de cimientos, reparación de muros medianeros, refuerzo, recuperación y sustitución de forjados y restauración de fachadas. Las intervenciones presentadas se han elegido entre las que tienen como objetivo la búsqueda por mejorar las condiciones de seguridad, habitabilidad y confortabilidad existentes, adecuándose a las exigencias actuales de las viviendas, incorporando nuevos servicios y dotaciones.

En muchos casos, como por ejemplo las viviendas del barrio de la Barceloneta, se realizan además, adiciones de dos o tres plantas, para lo cual es necesario realizar soluciones constructivas especiales con el fin de vincular el sistema constructivo existente con la nueva edificación, además de reforzar los muros de apoyo.

El estudio recopila y analiza los proyectos de rehabilitación ejecutados en edificios de vivienda de los siglos XVIII o XIX ubicados en tramas con edificaciones adosadas, construidas con sistemas característicos de la época, constituidos por muros de carga de fábrica de ladrillo, forjados, compuestos en su mayoría por bovedillas y viguetas de madera o metálicas con cubiertas planas transitables.

En su mayoría, estas edificaciones presentan cuadros patológicos originados por carencias de mantenimiento o por sus singulares condiciones de emplazamiento, los cuales generan daños de tipo mecánico, físico o químico de nivel medio, que deben ser subsanadas en estos proyectos.



Introducción

El presente trabajo se origina a partir del estudio de proyectos de rehabilitación realizados en el centro histórico de Barcelona, específicamente en los barrios del Raval y la Barceloneta.

Los proyectos considerados para el estudio corresponden a un período de desarrollo entre los años 1985 al 2004 y se enmarcan dentro de zonas urbanas con desarrollo de Planes Especiales de Reforma Interior (PERIs) que buscan mejorar las condiciones de habitabilidad general en los barrios y las viviendas. El estudio abarca 25 edificios en el barrio del Raval y 23 en el de la Barceloneta, con distintos niveles de rehabilitación, según sea el alcance de ella corresponden a rehabilitación integrales, parciales e interiores.

Los edificios de vivienda estudiados pertenecen a una tipología característica de las viviendas del s. XVIII o XIX, con edificios adosados compartiendo muros de medianería, los cuales en su mayoría constan de planta baja más 4 o 5 plantas superiores y terrado. Los sistemas constructivos son tradicionales, estructurados en base a muros perimetrales portantes de ladrillo, conformados por las medianerías y las fachadas, además de algunas vigas interiores las cuales soportan forjados unidireccionales que en su mayoría son de viguetas de madera con bovedillas de rasilla cerámicas y relleno de mortero de cal y escombros sobre lo cual se dispone el pavimento.

La finalidad de este tipo de proyectos es la recuperación de una edificación existente y, en consecuencia, este estudio se propone como objetivo el análisis de las técnicas constructivas utilizadas en la recuperación de las condiciones de resistencia, durabilidad y habitabilidad en estos edificios.



Figura 1: Planos e imágenes de las propuestas de rehabilitación.



1. Estudios de cálculo estructural contenidos en las propuestas para proyectos de rehabilitación.

Uno de los puntos más importantes que contienen las memorias de los expedientes es la propuesta estructural para las Actuaciones de Rehabilitación. Estas propuestas, en algunos casos, quedan mencionadas sólo como criterios de intervención, describiéndose la técnica constructiva que soluciona el criterio; en otros casos, se adjunta una "Memoria de cálculo estructural" justificando numéricamente el criterio de diseño técnico.

Los casos que presentan la "Memoria de cálculo" son aquellos que están obligados por normativa para obtener la licencia de obras.

Ciertamente no todas las Obras Mayores deben contenerla, sólo aquellas actuaciones que afecten la estructura. Esto según la O.M.E (vigente desde 1974), en su artículo 128, como se indica a continuación:

"Artículo 128. Obras que afectan a la estructura.

1. *Cuando se proyecten obras de ampliación o de reforma de un edificio, que no afecten a la estructura, se deberán a portar con la solicitud de licencia los documentos complementarios siguientes:*
 - a. *Estudio de cargas en la estructura existente antes de la ampliación o reforma proyectada.*
 - b. *Estudio de cargas resultantes de la ampliación o reforma*
 - c. *Memoria descriptiva de los apuntalamientos que se deban llevar a cabo en la ejecución de las obras con expresión de sus respectivos cálculos y programa de coordinación de trabajos.*
 - d. *Manifestación de si el edificio que se pretende reformar o ampliar está o no ocupado, con indicación, en su caso, del nombre y apellidos de los ocupantes (1)"*

En los gráficos siguientes podemos apreciar el tipo de estudio estructural incluido en la propuesta de rehabilitación, los cuales se han elaborado en base a tres niveles, estableciéndose como:

- Nivel 1, si el contenido en la memoria técnica se basa únicamente en criterios estructurales.
- Nivel 2, si se establece el estado de cargas y sobrecargas en la estructura, obedeciendo al punto a) o b) de la anterior Ordenanza.
- Nivel 3, si existe una "Memoria de cálculo estructural", obedeciendo a los puntos a), b) o c) de la anterior Ordenanza.

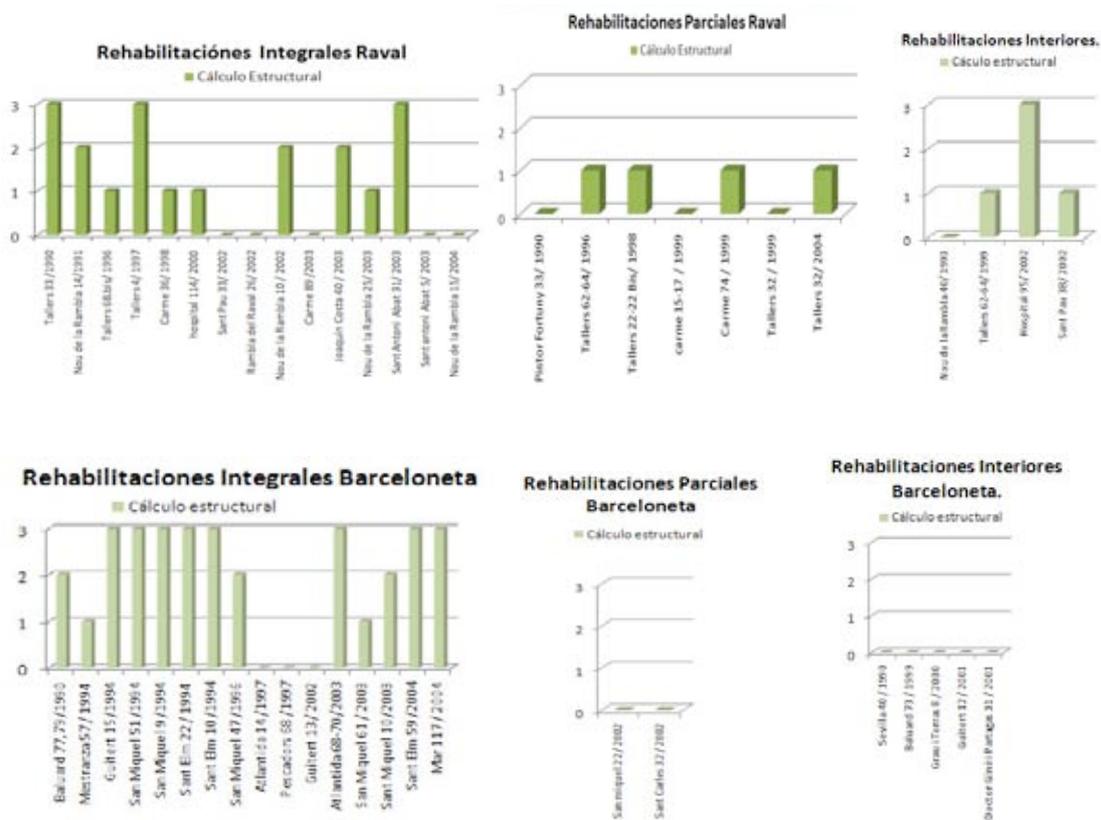


Figura 2: Gráficos del tipo de estudio estructural incluido en los expedientes de obra.

Los estudios estructurales presentados presentan las siguientes características:

- Los expedientes con **criterios estructurales** más detallados describen los elementos estructurales existentes, modificaciones realizadas posteriormente, se menciona el estado de conservación de los elementos estructurales, los daños más evidentes, normalmente sin llegar a realizar pruebas de resistencia real ni sacar muestras para ensayos de resistencia en laboratorio. Finalmente, plantean, a grandes rasgos, las modificaciones estructurales necesarias para asegurar la estabilidad del conjunto.
- **El estado de cargas** se realiza adjuntándose un listado de cargas de una planta piso como mínimo (suponiendo que son todas iguales), o bien una planta piso más la planta de cubierta. Pese a que la ordenanza solicita que se compare el estado de cargas previo a la reforma, con las cargas resultantes después de la reforma, la mayoría de proyectos sólo incluye el listado de una o la otra, sin establecer comparaciones.



- Los modelos de **cálculo** para comprobar la resistencia estructural son variados, algunos sólo calculan en uno de los forjados tipo una de las viguetas de madera; otros evalúan más de un forjado; los más completos incluyen además del cálculo de las viguetas, el cálculo de la resistencia de los muros, pesos totales de la edificación y cargas sobre cimientos. En las memorias, algunos de los métodos de cálculo se basan en no sobrepasar las tensiones máximas admisibles de los elementos; otros calculan las flechas de las viguetas comparándolas con las deformaciones máximas, otros métodos de cálculo se basan en comparar módulos resistentes, algunos consideran coeficientes de seguridad y otros no, etc. En las memorias de cálculo sólo se repite el método de evaluación de la estructura comparando las tensiones de carga con las admisibles. Por otro lado, se debe mencionar que en estos casos, si bien más estudiados, tampoco se realizan pruebas de resistencia real, únicamente se trata de evaluaciones en base a modelos matemáticos que pocas veces toman en cuenta el estado real de los elementos estructurales, como por ejemplo, hay casos con grietas en los muros, pero el modelo de cálculo no lo considera.

En general se puede observar que en la mayoría de los proyectos no se comprueba la real resistencia mecánica de los elementos estructurales y sin embargo los proyectos prevén la intervención en los daños de origen mecánico pre-existentes en los edificios. Afortunadamente los cuadros patológicos responden en su mayoría a degradaciones de orígenes físicos y químicos y de forma minoritaria a carencias de tipo mecánico

2. Consolidación estructural de los edificios

Las intervenciones de rehabilitación en los edificios y las viviendas, conlleva como mínimo la revisión de los elementos estructurales, ya que son aquellos antiguos elementos estructurales los que deberán resistir los usos de las nuevas viviendas.

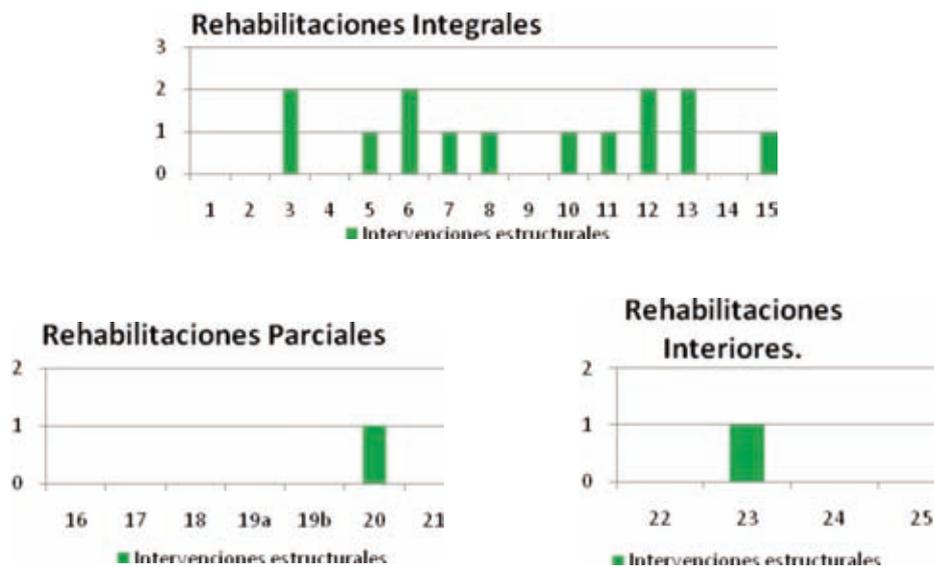
Son pocas las propuestas que incluyen algunos estudios y análisis de resistencia estructural de los sistemas existentes, en la mayoría de los casos se determina en base a supuestos dimensionales la capacidad resistente de los elementos y sistemas y en otros directamente con el argumento que como la estructura ha permanecido resistiendo durante mas de cien años, puede continuar haciéndolo con sólo adicionar ciertos refuerzos. En ningún caso se menciona el uso de instrumentos de medición de las condiciones de resistencia de las estructuras.



En relación con el tipo de intervención estructural, se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Aquellas que no alteran la estructura existente.
- Aquellas que refuerzan la estructura existente manteniendo el sentido original de la estructura o bien se hacen intervenciones puntuales
- Aquellas que modifican la estructura existente ya que la condición de resistencia estructural del sistema existente es precaria.
- Aquellas que refuerzan la estructura existente e incorporan una nueva estructura.

De acuerdo a las condiciones particulares de cada edificación y el nivel de intervención realizado en la propuesta de rehabilitación, se constata que las intervenciones estructurales se presentan principalmente en las rehabilitaciones integrales. En los siguientes gráficos (Fig. 3 y Fig.4) se aprecia cómo se distribuyen por cada barrio.



0: No hay intervención estructural.
1: Hay refuerzos.
2: Hay modificaciones de la estructura.

Figura 3: Gráficos de Intervenciones estructurales en casos del Raval



- 0: se mantienen las condiciones iniciales.
- 1: Se realizan refuerzos estructurales.
- 2: Se realizan modificaciones estructurales.
- 3: Se refuerzan las plantas inferiores y se agrega una nueva estructura.

Figura 4: Gráficos de intervenciones estructurales en casos de la Barceloneta

a) Recalce de cimientos

En la mayoría de los casos no se hace mención específica a refuerzos o modificaciones de las cimentaciones, ni si quiera es referencia obligada en los casos de rehabilitación con adición de nuevos pisos, en los cuales evidentemente se aumenta la carga total de la edificación respecto de su estado inicial, por muy ligera que sea su materialidad.

Algunos casos –los menos- indican explícitamente que no es necesario el recalce o algún tipo de intervención en la cimentación. Esto es coherente con las referencias a los estados de conservación de los edificios ya que en la mayoría de ellos no se presentan problemas de asentamientos diferenciales u otro tipo de problemática en las cimentaciones.

El problema es que en muchos casos no se hacen los estudios necesarios para comprobar empíricamente el nivel de resistencia de las fundaciones, o más bien se da por supuesto que resisten.

Los casos en que se manifiesta específicamente una necesidad de intervenir en las cimentaciones son aquellos en que se proponen modificaciones a los sistemas de circulación vertical, es decir, se coloca un nuevo ascensor o bien se cambia de lugar la caja de escalera. Para ello se propone tanto la creación de unos nuevos cimientos a base a hormigón armado o bien el recalce de los cimientos existentes.



De todos los casos estudiados, en tres de ellos se hace necesaria una intervención general en el conjunto de la cimentación. En uno de ellos se plantea el uso de micropilotes. En otro caso se prevé la reconstrucción de las cimentaciones a base a zapatas corridas y aisladas, también en hormigón armado.

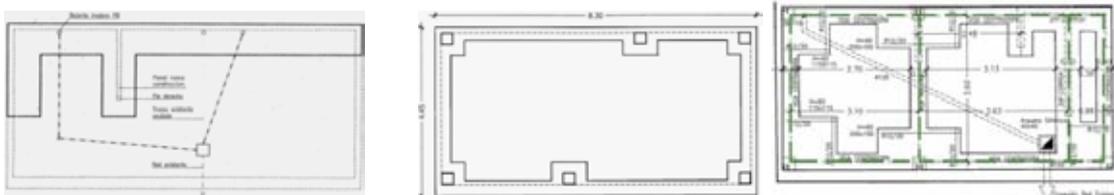


Figura 5: Recalce de cimientos y replanteo de fundación corrida en estado inicial y propuesta.

b) Reparaciones en muros medianeros, portantes e intermedios.

Los muros portantes considerados para este análisis son básicamente, los medianeros y los muros intermedios (normalmente aquellos que conforman las cajas de escaleras y patios de luz) dejando para más adelante las reparaciones en muros de fachadas, las cuales serán analizadas en uno de los puntos siguientes de forma particular por las actuaciones de restauración que implican.

En la mayoría de las rehabilitaciones los muros portantes se mantienen casi intactos. Los casos en que se hace necesario intervenir en dichos muros se pueden ordenar en dos tipos:

- Aquellas intervenciones que se proponen consolidar la estructura saneando las lesiones mecánicas y físicas existentes, y
- Aquellas actuaciones que horadan o macizan los muros existentes atendiendo a las modificaciones espaciales necesarias.

De los casos en que se deben reparar lesiones mecánicas para consolidar la estructura, la mayoría de las actuaciones corresponde a aquellos muros, generalmente medianeros, que presentan grietas verticales, y en segundo lugar aquellos en que existe pérdida de sección por desprendimiento y erosión de los ladrillos. Cabe considerar también aquellos casos con muros interiores que necesitan ser reforzados para resistir las nuevas cargas.

De los casos en que las actuaciones responden a modificaciones espaciales, tanto de las viviendas como de los espacios comunes, las intervenciones realizadas corresponden a la necesidad de cerrar huecos o bien realizar nuevas aberturas para permitir nuevas circulaciones.

La principal técnica de reparación responde en primer término a consolidar los muros estructurales de albañilería de ladrillo mediante el “**cosido de las grietas**” por medio de grapas formadas por varillas de acero corrugado, adheridas al muro por medio de resinas epoxi o mortero de cemento portland.

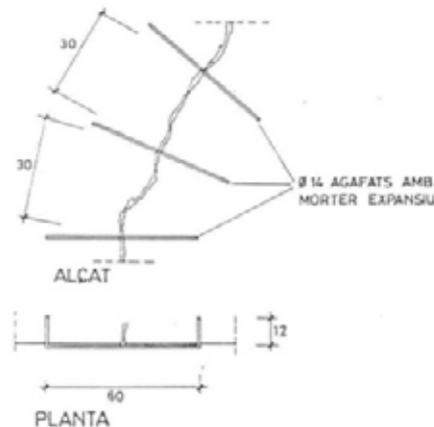


Figura 6. Grapado de grietas.

Las reparaciones por pérdida de sección en los muros de ladrillo son necesarias principalmente en los muros de fachadas y en aquellos muros medianeros que están expuestos sin adosamiento. Estas reparaciones se realizan limpiando la zona y eliminando los elementos degradados para luego reponerlos con mortero, muchas veces aumentando su sección a modo de refuerzo de la zona de deterioro. A su vez, se realizan muros tipo tabique pluvial como medida de protección para los muros medianeros expuestos.

Los refuerzos en los muros se presentan principalmente con la aplicación de perfiles metálicos de acero laminado. Estos **refuerzos** se aplican principalmente en los dinteles de los muros para evitar o corregir su deformación.

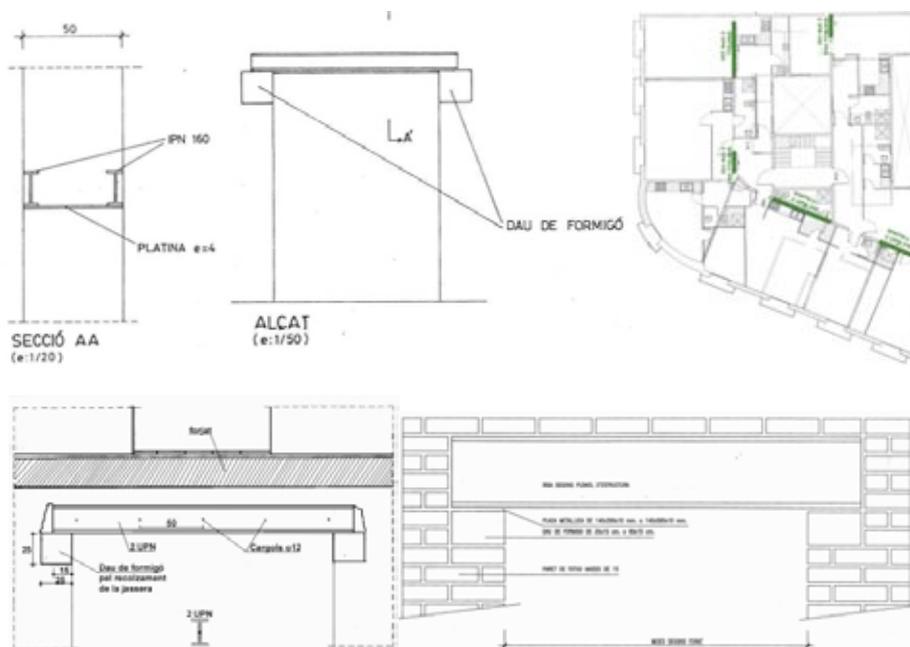


Figura 7. Refuerzos metálicos en dinteles.



c) Refuerzos y sustitución en forjados pre-existentes.

En las rehabilitaciones más conservadoras las actuaciones sobre los forjados tienden, en su mayoría, a preservar el sistema estructural-constructivo original (forjados unidireccionales con viguetas de madera y bovedillas de rasillas cerámica), aprovechando la materialidad existente. Para ello, habitualmente se hace necesario **“reforzar”** el forjado completo o bien parte de ellos, principalmente las vigas de madera o las metálicas.

Dependiendo del estado de conservación del edificio en general y de los forjados en particular, existen casos en que no queda alternativa más que **“substituir”** el forjado, o bien partes o elementos de él, esto ocurre mayoritariamente en los forjados de baños y cocinas, en los cuales las condiciones de humedad existente generan en las piezas de madera avanzados estado de pudrición y deformaciones que las hacen irrecuperables.

En general se producen dos tipos de refuerzos y sustituciones:

- Aquellas que afectan a la totalidad del forjado como sistema estructural, modificando el comportamiento resistente tradicional.
- Aquellas que afectan a partes o elementos del forjado como sistema constructivo, y que no alteran el comportamiento estructural tradicional.

En el caso de forjados en que las deformaciones no son admisibles para el uso proyectado, ya sea por que las luces o las cargas son excesivas en relación a las secciones resistentes de las viguetas (de madera o perfiles metálicos) o por la eliminación de un tabique inferior que hacía de apoyo, se hace necesario controlar las deformaciones existentes **incorporando nuevos elementos** a la estructura resistente. Estos nuevos elementos consisten normalmente en vigas parteluces (corta luces) o marcos que cumplen la misma función, para lo cual se incorporan pilares y vigas metálicas. En algunos casos con forjado de viguetas metálica se propone un zunchado perimetral como refuerzo junto a los muros, en base a un perfil UPN soldado a las cabezas de las vigas.

En todos estos casos lo que se busca es reforzar la totalidad del forjado, aunque igualmente sean necesarios refuerzos puntuales de los elementos. Este tipo de intervención se realiza normalmente por debajo del forjado.



Figura 8. Refuerzos de los forjados, colocando vigas metálicas de parteluces para el apoyo de las viguetas de madera.

Independientemente de los refuerzos generales del forjado, muchas veces se hace necesario realizar **refuerzos particulares** a una zona de él o a **elementos particulares que lo componen**. Principalmente, se realizan refuerzo de las vigas de madera en sus apoyos por pérdida de sección resistente, o bien refuerzo completo por deformaciones excesivas en tramos intermedios. Los refuerzos se realizan mediante perfiles metálicos que se fijan con pernos a la viga de madera por sus caras vistas y se anclan a los muros, o bien son pletinas que se prolongan a todo lo largo de la viga por su cara inferior. Cuando se trata de vigas metálicas los refuerzos metálicos se deben soldar a las piezas existentes, normalmente amarrándolos en su apoyo al muro.

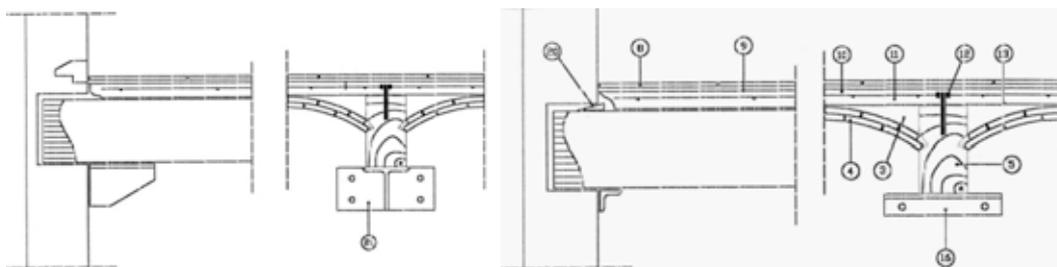


Figura 9. Refuerzos en las vigas de madera de los forjados, con piezas metálicas para el refuerzo en los apoyos.



Los casos en que se debe eliminar y **reemplazar el forjado completo** son pocos. Esto ocurre cuando la capacidad resistente es mínima, por la mala conservación general del edificio y de los forjados en particular, lo cual provoca que sean irrecuperables para soportar las nuevas cargas de uso. En estos casos la intervención se resuelve con un forjado unidireccional, de viguetas semi-resistentes y bovedillas cerámicas o de hormigón ligero apoyadas en los muros mediante unos dados de hormigón armado o bien se construyen forjados ligeros con viguetas pre-tensadas de hormigón y casetones de poliestireno, con cadenas o zunchos perimetrales apoyadas en los muros.

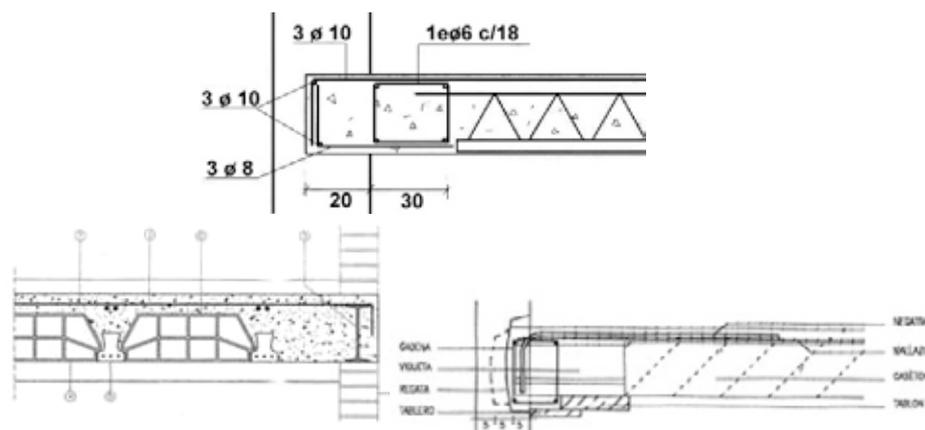


Figura 10. Detalle de los nuevos forjados y su apoyo en los muros pre-existentes.

La **substitución de elementos del forjado** se realiza habitualmente en casos de forjados con viguetas de madera, en los cuales se encuentran algunas piezas en malas condiciones sin ser la generalidad del forjado. Para ello se sustituyen aquellas en deficiente estado, rempazándolas por perfiles de acero (viguetas metálicas) con función estructural.

d) Recuperación de forjados pre-existentes para nuevos forjados mixtos.

Este tipo de intervención modifica la condición original de la estructura resistente de los forjados, es decir, los forjados pre-existentes - conformados mayoritariamente con viguetas unidireccionales- se aprovechan reconvirtiéndolos en sistemas unitarios en base a un diafragma rígido, tipo losa o capa de compresión armada.

El sistema constructivo que se propone genera un forjado mixto en que se utilizan las viguetas y las bovedillas como encofrado perdido para la nueva losa propuesta. Sin embargo, estos elementos pre-existentes (vigas de madera o metálicas) se vinculan a través de conectores a la malla metálica electro soldada (normalmente 150x150x6mm), de modo que estas viguetas continúan actuando estructuralmente.



De este modo el sistema resiste de forma conjunta las flexiones del forjado, donde las viguetas de madera absorben las tracciones generando un sistema de diafragma rígido. Este nuevo forjado además transmite las cargas de forma homogénea a los muros soportantes.

El nuevo forjado mixto se realiza interviniendo desde la parte superior del forjado, lo cual significa que en muchos casos se puede realizar en una Rehabilitación Parcial del edificio sin alterar mayormente su cara inferior. Sin embargo, esto es posible siempre que se haya verificado inicialmente la condición real de las viguetas de madera, ya que muchas veces es necesario reforzarlas primero y luego proceder a esta actuación.

Para su ejecución, se retira primero el pavimento y el mortero. Luego se construye una chapa de compresión de hormigón armado de unos 5 cm de espesor con conectores anclados a la parte superior de las vigas para conseguir la unión viga-chapa. Esta chapa, armada en los dos sentidos, es la que se empotra al menos 7cm en los muros perimetrales, con una armadura adicional a modo de pequeño zuncho.

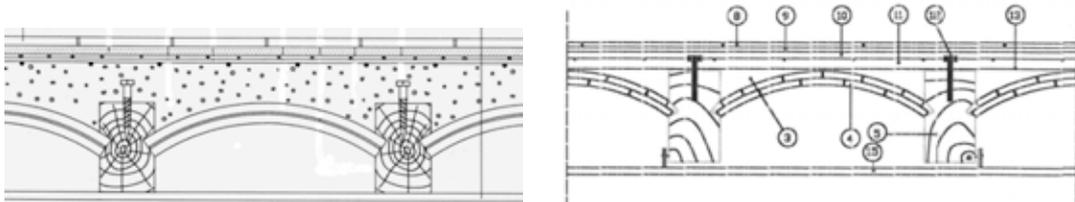


Figura 11. Detalles de los nuevos forjados mixtos.

e) Nueva estructura de remonta.

Las nuevas plantas de remonta, permitidas ampliamente en la Barceloneta y en menor medida en el Raval, se elaboran con sistemas estructurales diferentes a los tradicionales, utilizándose generalmente materiales más ligeros para no recargar excesivamente la edificación pre-existente.

El tipo de estructura usada mayoritariamente es a base de pilares y vigas metálicas arriostradas entre sí, si bien en ocasiones se disponen también jácenas y viguetas metálicas apoyadas en elementos secundarios.

Para la construcción de estas nuevas plantas se hace necesario eliminar el forjado de la cubierta sustituyéndose por otros que están formados por viguetas IPN apoyadas en las paredes medianeras, la fachada y en el resto de muros de carga de forma que, los muros existentes actúan como cimiento de la nueva estructura metálica. Sólo en algunos casos se refuerza la estructura con la incorporación de pilares metálicos desde los cimientos de la edificación, interviniendo la totalidad de las plantas.



En la nueva estructura de remonta la solución de los forjados es diversa:

- Sistemas con viguetas semi-resistentes, donde la remonta se proyecta con estructura a base pilares metálicos de perfiles laminados tipo HEB y pared de carga en el núcleo de comunicaciones (escaleras), con forjados formados por jácenas metálicas, tipo IPN, viguetas semi-resistentes de hormigón armado y bovedillas cerámicas.
- Forjados colaborantes, conformados por chapa metálica y capa de hormigón armado con malla, apoyados sobre una estructura de perfiles de acero laminado
- Vigueta metálica y capa de compresión sobre machihembrado. La nueva estructura se resuelve con un machihembrado cerámico sobre el que se coloca una capa de compresión armada y soldada a las vigas principales.

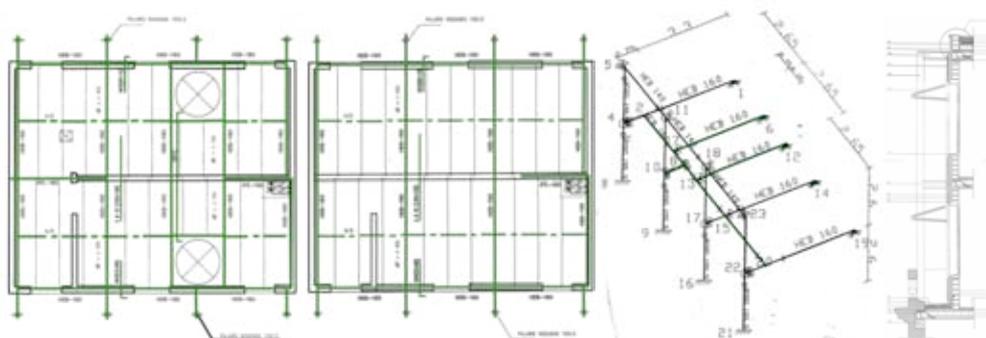


Figura 12. Plantas, isométrica y escantillón de estructura metálica de remonta en San Miquel 47, Barceloneta.

3. Limpieza, reparación y restauración de fachadas.

Los paramentos de las fachadas presentan daños de origen mecánico similares a los de los muros medianeros e interiores. Generalmente existen algunas grietas importantes, desde las esquinas de los vanos y aberturas en general. También presentan problemas de degradación de los materiales con desprendimiento y pérdida de los estucos.

Los trabajos iniciales de reparación de grietas, comienzan repicando el revoco existente que se encuentra en malas condiciones. Se reparan las grietas de la albañilería de ladrillo colocándose a veces grapas de acero con morteros sin retracción y alta adherencia, se refuerzan con mallas de fibra de vidrio las zonas de uniones para evitar la aparición de fisuras y luego se aplica un nuevo mortero para el estuco.

Según el estado de conservación de la fachada se opta por el repicado parcial de los estucos o bien la eliminación de todo él. Para la reposición de los estucos mayoritariamente se utilizan morteros de cal que tienen mejor adherencia y comportamiento sobre la fachada tradicional. Usualmente se



aplican en una o dos capas y según sea el caso, se realizan lisos, rugosos o con relieves de acuerdo a los diseños originales.

Los balcones, dependiendo de su materialidad y estado de conservación, se intervienen en diferentes formas: desde su reemplazo completo, al refuerzo de los elementos resistentes, hasta la restauración minuciosa de los elementos originales.

En el caso de la reconstrucción de los balcones para su reemplazo, se elimina todo el material existente y se refuerzan los anclajes de empotramiento, luego se reconstruye en base a la forma y dimensiones originales, con estructuras metálicas, losa de hormigón o loseta de piedra reconstituida. En el caso del refuerzo de los elementos resistentes, se suele eliminar las piezas metálicas oxidadas, se limpian las piedras y sus uniones, se colocan nuevas piezas metálicas y se aplican morteros reintegradores. La restauración de los balcones se da cuando la condición resistente no está afectada y más bien se trata de reintegrar piezas o partes desprendidas para mejorar el aspecto formal del balcón.

En cada uno de estos casos se incluye por la cara superior algún tratamiento de impermeabilización para mantener en buen estado los elementos estructurales, evitando nuevamente la degradación del balcón.

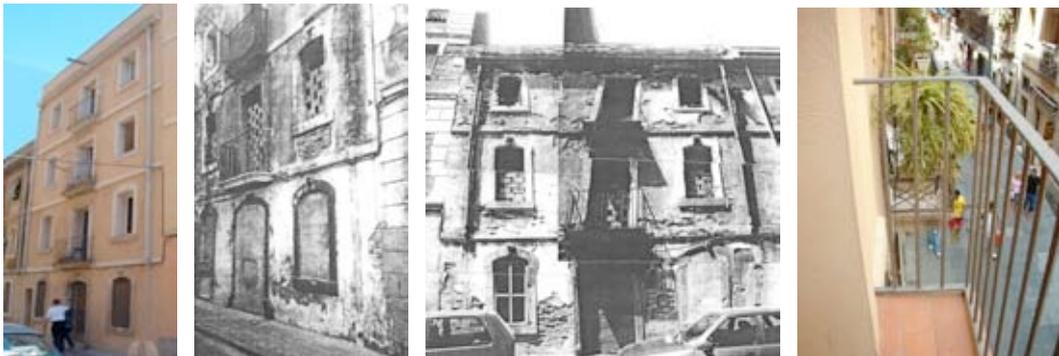


Figura 13. Recuperación de las fachadas, paramentos, balcones, cornisas y elementos decorativos.

4. Reparación, impermeabilización y reconstrucción de cubiertas y terrados

El objetivo primordial de las intervenciones en las cubiertas es dar solución a los frecuentes problemas generados por su deficiente impermeabilización y por sus condiciones de aislamiento térmico, en especial en aquellas cubiertas que no están dotadas de cámara de aire.

La falta de sistemas eficientes de impermeabilización en la mayor parte de las cubiertas planas transitables que cubren los edificios analizados, incide en la conservación del resto del edificio, principalmente en el de los muros de las plantas superiores y las cajas de escaleras. Se debe considerar además que gran parte de los edificios tenían en sus cubiertas una serie de instalaciones y



volúmenes de tipo bodegas, o bien lavaderos, estanques para la acumulación de aguas etc. que además de sobrecargarlas, presentaban frecuentes problemas de filtraciones hacia la cubierta y plantas inferiores.

En las nuevas cubiertas, generalmente se eliminan las construcciones secundarias sobre los terrados, conservando sólo las salidas de cajas de escalera y los espacios para la maquinaria de ascensores e instalaciones.

Las intervenciones realizadas se pueden agrupar en dos tipos:

- **Eliminación y construcción de una nueva cubierta:** En la mayoría de los casos se interviene cambiando todos los elementos de la cubierta, usualmente construidas con viguetas de madera como estructura soportante, las cuales se encuentran en avanzados estados de pudrición. Las actuaciones se realizan integrando barreras de vapor (película de emulsión bituminosa), formación de pendiente (hormigón liviano), impermeabilización (lámina bituminosa), aislamiento térmico (espuma de poliuretano, planchas de poliestireno), capa de protección y pavimento (usualmente de baldosa cerámica.)
- **Reparaciones de la cubierta existente:** Este tipo de intervención se realiza en aquellos casos en que solamente se reemplazan o refuerzan algunas viguetas del forjado, se sustituye la lámina de estanqueidad y se agrega un material específico de aislamiento térmico para cumplir con las exigencias actuales.



Figura 14. Imágenes de la misma cubierta antes de ser intervenida y luego de la intervención.

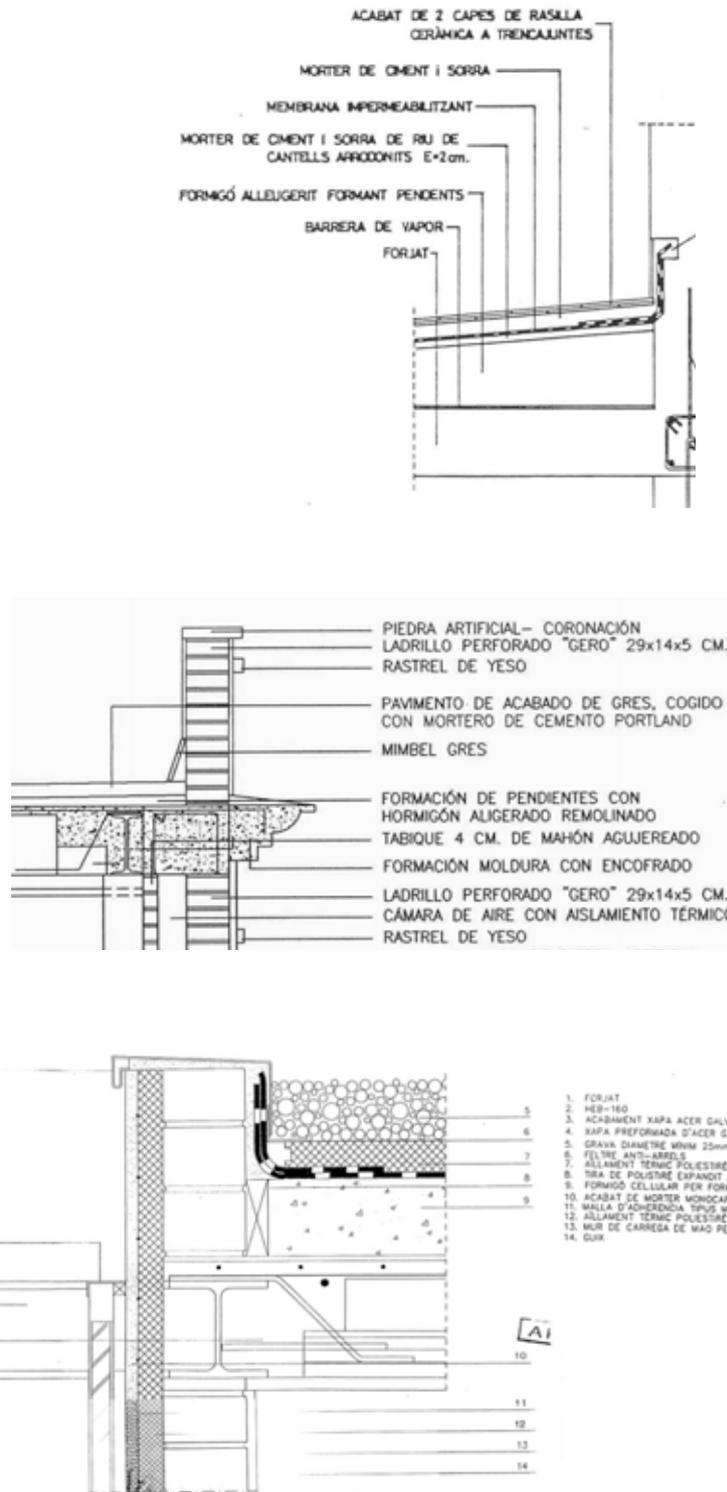


Figura 15. Detalles de las soluciones constructivas propuestas en algunas cubiertas.

5. Conclusiones.



Los proyectos de rehabilitación de los edificios objeto de intervención estructural se desarrollan considerando niveles muy diversos de información sobre la resolución técnico constructiva de la obra, las características de los materiales, los daños presentes y los cálculos estructurales que justifiquen las soluciones propuestas.

En general se puede constatar que en los forjados es donde se interviene con mayor frecuencia y diversidad de técnicas constructivas, ejecutándose desde simples refuerzos, al diseño de sistemas mixtos más complejos. Los forjados de cubierta requieren, además, sistemáticamente, de una intervención que restaure su estanqueidad y mejore sus condiciones de aislamiento térmico.

En lo que se refiere a los muros, se observa que las fachadas presentan cuadros patológicos en mayor abundancia y de más gravedad que el resto de los muros, debido a la gran cantidad de puertas y ventanas que las perforan, a la presencia de elementos sobresalientes y a la mayor diversidad de materiales. Las intervenciones de rehabilitación requieren a menudo de la aplicación de técnicas especiales restauradoras del valor estético original.

Aunque mayoritariamente las intervenciones se ejecutan en el contexto de las rehabilitaciones integrales por la facilidad de intervenir en la totalidad de la edificación, las soluciones constructivas aplicadas, se adaptan a los requerimientos tipológicos y funcionales de las viviendas que incluye, siendo capaces de ser aplicadas, así mismo, en intervenciones parciales que abarquen sólo algunos pisos del edificio.

La mayor parte de las rehabilitaciones proyectadas o ya realizadas, se proponen recuperar los elementos preexistentes, intentando dar soluciones que eviten su sustitución, manteniendo con ello el carácter originario de la edificación en la que se actúa y del contexto urbano en el que se encuentran ubicadas.

Referencias

- [1] O.M.E. Capítol IV, Seguretat en la construcció. Secció 1^a, Disposicions generals. Art. 128, Obres que afecten l'estructura. Pg. 396,397.



Bibliografía

Peraza, F. (2001) Protección preventiva de la madera., AITIM (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho), Madrid.

Monjo, J y Maldonado, L. (2001) Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, Editorial Munilla-Lería, Madrid.

Díaz, C., Casado, N. (2002) Inspección y diagnóstico: Pautas para la intervención en edificios de vivienda, 1ª ed. COAC, Barcelona.

Zanni, E. (2004) Patología de la madera: Degradación y rehabilitación de estructuras de madera. 1ª ed. Brujas, Córdoba.

Giol Draper, Pere. (1995) "La casa de veïns del segle XIX a Barcelona". Tesis doctoral. (no publicada)

Solá- Morales , Manuel de.(1982) "La Barceloneta, modelo histórico y actual". Artículo Revista CAU. Pag 49-67.

AAVV. "3 Manual de Diagnosi, Patologia i Intervenció en Estructures de Fusta". Col.legi D'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.

AAVV. "4- Manual de Diagnosi i Intervenció en Sistemes Estructurals de Pareds de Càrrega". Col.legi D'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. 1995.

Serrano, Francisco. "Patología de la edificación. El lenguaje de las grietas". Fundación Escuela de la Edificación. Tercera Edición 2005.

PERI, Raval. "Plan Especial de Reforma Interior, del Raval". Versión reforzada después de la aprobación definitiva, 1985. Xavier Sust, Carles Díaz. Ajuntament de Barcelona.

PERI, Barceloneta. "Plan Especial de Reforma Interior de la Barceloneta", Versión reforzada después de la aprobación definitiva, 1986. Miquel Badal, Maria José Duch, Ricard Fayos. Ajuntament de Barcelona.

"Ordenanza Metropolitana de Rehabilitación".(OMR). 1985.

"Ordenanza Metropolitana de Edificación".(OME). 1974.

"Plan General Metropolitano"(PGM)

Expedientes de Obras Mayores.